養液栽培技術講習會專刊　第三輯　66～73，1990

滴灌系統及其應用

黃東瑞*

一、滴灌的意義與特點

滴水灌溉（Drip or trickle irrigation）係利用完整的管路系統，將作物生長所需水分與養分，以經常的及少量的方式，直接送達作物根系的一種灌溉方法。以色列 Symcha Blass 氏於1960年首先利用鹽分水於沙漠地區之田間作物進行滴灌試驗，指出以滴灌方法施灌可獲得省水、省工及增加作物產量與品質，即使利用不良水質施灌，亦能獲得相當的產量。Goldberg 氏於1969年在美國亞利桑那州舉辦之國際旱地會議時將滴灌方法報告於世。嗣後為各國所重視，並在果菜園中推廣應用。經各國學者研究指出，滴灌方法具有很多優點：

㈠無輸水損失、地面逕流損失，並減少地面蒸發與滲漏損失。因此，較噴灌、溝灌、漫灌等灌溉方法可節省25～50％之灌溉水量。

㈡可顯著增加作物產量與品質，及縮短生育期而提早成熟。

㈢肥料施用效率提高、流失減少。因此，節省肥料用量。

㈣因地表維持乾旱，而減少雜草與病害。

㈤容易做到自動灌溉，可節省灌溉、施肥與加藥劑所需人工。

㈥利用小水量及低壓施灌，可節省抽水與輸水設備、減少能源損耗。

㈦水質與土壤條件較差地區亦可生長作物，獲得相當產量。

但滴灌方法仍有三項重要缺點：

㈠滴水管容易堵塞，致使水分分佈不勻，影響作物產量及滴水管使用年限。

㈡滴灌系統設置成本高，對於低價值或增產潛力低之作物不易還本。

㈢滴水管易為機耕與收穫作業破壞、老鼠螞蟻咬破、作物所掐挾或受土壤壓扁，維修煩難。

二、滴灌應用例

滴灌方法適用於土壤保水力差、乾旱或地形崎嶇地區，可獲得顯著增產效果。近年來由於岩綿介質（Rockwool）之開發，使滴灌方法在園藝作物栽培上之應用迅速推展，因其具有節省大量澆水人工、減少作物病害及增產等優點，將成為養液栽培之主流。茲列舉應用例供參考：

㈠滴灌在蔗園之應用以夏威夷為最早（1970年開始），並迅速推廣應用，成為蔗園主要之灌溉方法。經1977～1980年四作甘蔗收穫結果顯示，夏威夷甘蔗滴灌較溝灌每作每英畝平均增產2.7噸糖。

㈡台糖研究所自1976年開始引進國外各型滴水管進行田間試驗，觀察其出水特性，及探討砂土蔗園滴灌用水量與甘蔗產量之關係，而以溝灌為對照。試驗結果顯示，滴灌區產蔗量（PR＝0.7處理）為97噸每公頃，溝灌區產蔗量只有55噸每公頃，可見滴灌較溝灌增產極為顯著。

* 台灣糖業研究所園藝系研究員

(三)以色列 Goldberg 氏（1970）以種植香瓜（Melon）及番茄（Tomato）為試驗，比較滴灌與噴灌之灌溉效果，試驗結果如表一與表二所示。顯示滴灌方法大幅度提高作物產量與品質，而且受不良水質影響較輕微。

表一　灌溉方法對於香瓜（Melon）產量之影響

灌溉方法	產量（Tons／Acre）	出口等級
噴　灌	9.52	5.18
溝　灌	9.68	6.68
滴　灌	17.20	13.96

表二　水質與灌溉方法對於番茄（Tomato）產量之影響

灌溉方法	產量（Tons／Acre）	
	鹽水（3 mmhos）	淡水（0.4 mmhos）
噴　灌	15.72	20.80
滴　灌	25.96	26.68

(四)荷蘭標準式岩綿栽培法（Standard system）利用岩綿為介質，以滴灌（Drip）方式，每株作物各配一滴管以施灌培養液，多餘之養液排出，為非循環式（沈再發，1988），本栽培方式適用於種植胡瓜、番茄、甜椒、茄子等作物。此種非循環的滴灌方式為目前日本岩綿耕之主流，已商品化的有誠和、御門、協和等廠商製品（王鼎盛，1986）。

(五)台糖公司在蝴蝶蘭栽培上已逐漸採用細口徑黑色 PE 管進行滴灌，以代替人工澆水，降低蝴蝶蘭病害。

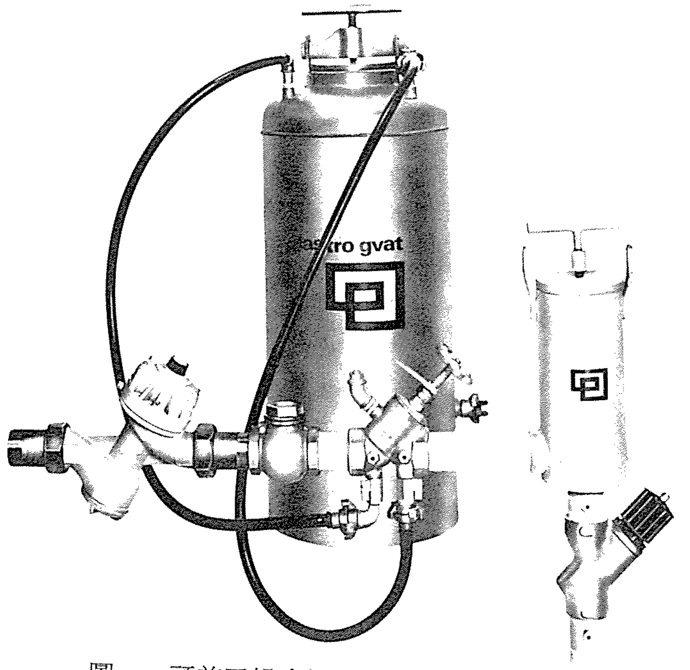
三、滴灌設備簡介

滴灌設施分為頭首工、輸水管路、滴水管與滴嘴三個部分。整個系統設計與器材選用應以經濟耐用、裝設維修容易為原則。尤其是滴嘴，應採用不易堵塞、滴水流量均勻、受水壓影響小、耐蝕不變形、裝卸容易且價廉者為宜。

(一)頭首工（Head）

連接水源並調節水壓與供水量、進行水質過濾及施肥等。主要設備包括制水閥、調壓閥、逆止閥、排氣閥、過濾器、量水錶、施肥裝置等，如圖一所示。圖中過濾器係以兩層不銹鋼網（100與150 meshes）擔任過濾工作，過濾網須做定期清洗。另外，如夏威夷則採用大型砂濾塔，並由反沖洗作業來清洗，惟效果不理想。

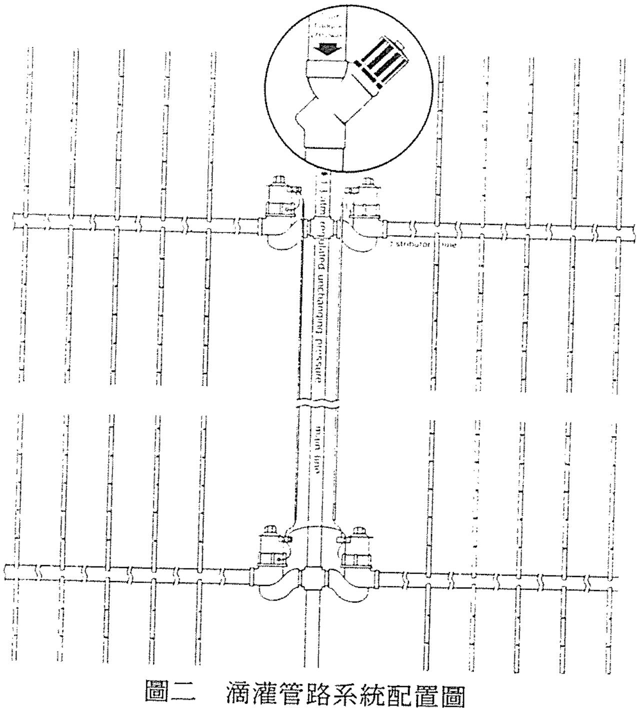
施肥裝置由肥料筒、排氣閥、兩條塑膠管及壓差調節閥組成，肥料筒內可裝液肥或可溶性肥料，施肥量可由壓差調節閥調整之。



圖一　頭首工組成例（Kibbutz Gvat, Israel）

㈡輸水管路

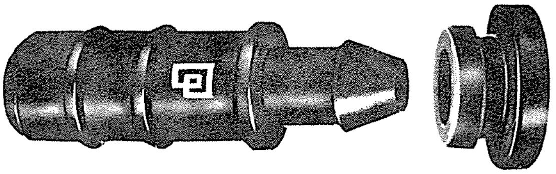
由幹管（Main line）與副幹管（Submain line）組成，典型結構如圖二所示，幹管自頭首工引至各垂直方向之副幹管或直接至滴水支管。每支副幹管設一制水閥、或電磁閥、或水錶式制水閥以控制其啟閉，以產生分區輪灌效果。管路材料以採用PVC管及配件較經濟，管徑與厚度視流量、水壓與輸水長度而定。整個系統以埋入地面60公分以下為宜，以免受陽光曝曬或機械破壞。



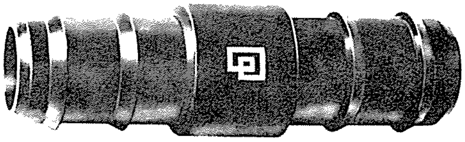
圖二　滴灌管路系統配置圖

㈢滴水管與滴嘴

滴水管通常為直徑12至16公厘之 PE 製小管，由圖三所示之橡膠座及主接頭與副幹管連接，圖四為供滴水管拼接或破損修補用之接頭。



圖三 PVC 主接頭與橡膠座



圖四 滴水管用 PVC 接頭

滴水管上加裝滴嘴（Dripper or nozzle）或鑽小孔（Orifice）或插細管，使水能以細小流量引灌作物。滴水管的型式甚多，有利用迂迴之長流線以增加水流阻力、或利用狹小面積限制水流、或以多孔分流方式降低水壓者，其主要型式如下：

1.單管（Single-wall tube）

管徑 16 mm，管厚 0.3 mm，孔口 0.3 mm，夏威夷蔗園灌溉用，Wisdom Industries Inc. 產品。

2.雙層管（Bi-wall tube）

管徑 16 mm，管厚 0.6 mm，孔口 0.5 mm，主輸水管每孔對應副管四個孔，澳州蔗園用，Reed 公司產品。

3.雙網管（Drip strip）

管徑 13 mm，管厚 0.2 mm，管內附一層網狀壓力補償膜，孔口 0.8 mm，蔬菜灌溉用，Reed 公司產品。

4.Plastro Gvat 滴水管

管徑 16 mm，管厚 1.6 mm，由側裝彈型滴嘴組成，適合甘蔗、番茄、胡瓜等作物，以色列產品。

5.Netafim 直通型滴水管

管徑 16 mm，管厚 1.6 mm，由直通型滴嘴連接而成，適用於果樹等作物，以色列產品。

6.Ultradrip-IV 滴水帶

為寬約 7 公分塑膠帶，中間通水，兩側由迂迴之長流線形成滴嘴，蔬菜灌溉用，日本 TSK產品。

7.壓力補償型滴嘴

利用一彈性膜片，當水壓增加時，使滴嘴內通道縮小，而維持穩定的流量，日本 GEC產品。

8.PE 細管滴嘴

以微細口徑(1～3 mm內徑)之細長 PE 管做為滴嘴，直接插於給水管或多孔分水器，適合灌溉盆栽作物。此等 PE 管及各型多孔分水器，國內已有多家廠商製造供應。

四、滴灌管路水理計算

滴灌管路採用之管徑大小與使用流量、水壓及管線長度有關。首先，決定滴水管長度，算出每一支滴水管之滴嘴數目，然後乘上滴嘴流量而求出每支滴水管流量(q)。再以每支副幹管所擁有之滴水管數目(N)乘上滴水管流量，求出每支副幹管流量 Q(＝q＊N)。又因一般採用以副幹管為單位分區輪灌，故幹管流量亦等於 Q。

管路水流造成之壓力損失 Hf 可用威廉公式(Williams-Hazen equation)計算：

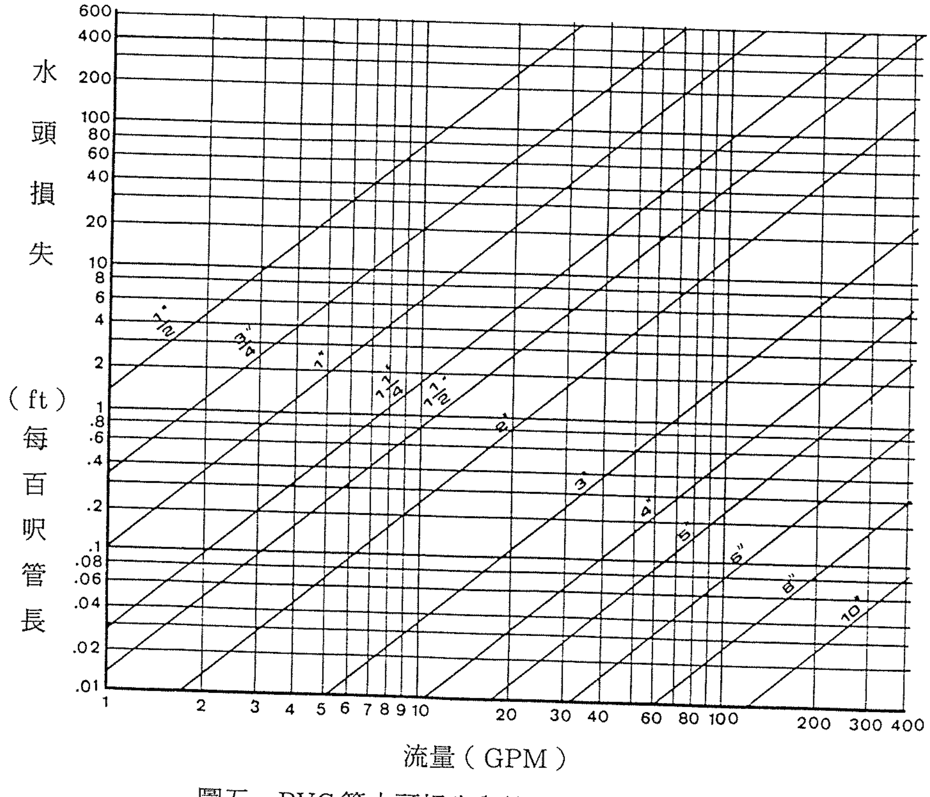
$$Hf = 4.551 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}\ D^{4.871}} * L$$

式中 Hf＝水流摩擦損失(psi) Q＝流量(gpm) L＝管路長度(ft) D＝管內徑(in)

C＝粗糙係數---PVC 管路 C＝150； 直徑½吋 PE 管 C＝130

圖五為 PVC 管路之流量、管徑與水流摩擦損失關係圖。由上述求出之管路流量 Q 與採用之管徑大小為參數，可從圖上求出每100ft 管長之水頭損失(ft)，做為幹管與副幹管設計參考。另外，由於滴水管為一種發散流(Diverging flow)，因此，求出之水頭損失需再乘以衰減係數(Reduction coefficient)F(＝0.35)：

$$Hf' = 0.35 * Hf$$



圖五 PVC 管水頭損失與管徑及流量之關係圖

相片一　沙崙農場砂土蔗園滴灌（左）較溝灌（右）甘蔗顯著增產情形。

相片二　蔗田整地時利用心土犁將滴水管埋設地下，可避免機械破壞及減少地面蒸發。

相片三　地表下滴灌，水分上昇至地面形成圓形水印情形。

相片四　以岩棉滴灌方法種植胡瓜，每株各配一PE 滴水細管。

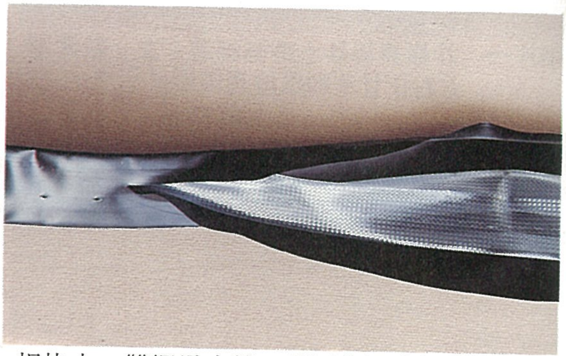
相片五　地表下滴灌使甘蔗根系發展旺盛。

相片六　滴水管連接 PVC 副幹管而引灌各畦情形。

相片七　滴灌管路安裝，先在副幹管開一直徑14mm孔，再塞入橡膠座。

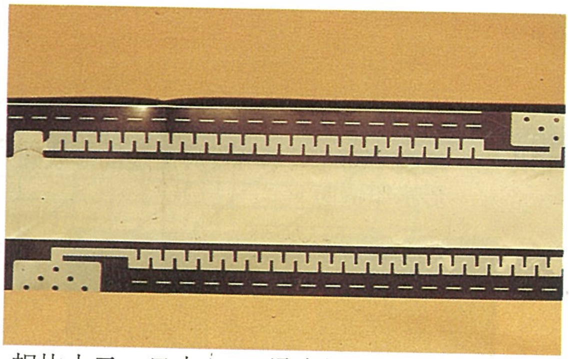
相片八　副幹管裝設橡膠座、主接頭、滴水管及自動冲洗閥情形。

相片九　雙層滴水管，由中央主管通水，駝背之副管配水。

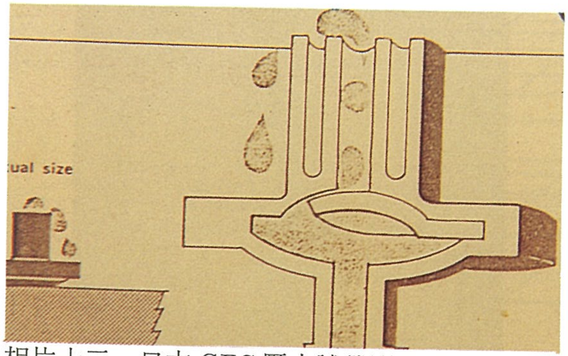


相片十　雙網滴水管，利用內層之紋狀膜片消能。

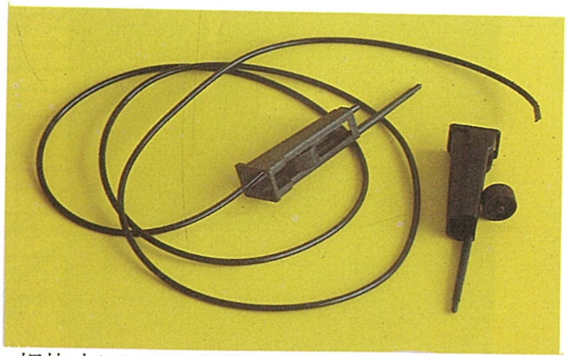
相片十一　NETAFIM 直通型滴水管，滴嘴中央通水，外圍設有曲折流線消能。



相片十二　日本 TSK 滴水帶，中央通水，兩側由曲折流線形成滴嘴消能。



相片十三　日本 GEC 壓力補償型滴嘴，利用彈性膜片自動調節流量。



相片十四　PE 細管滴嘴與流量調整器。

相片十五　PE 細管滴嘴與多孔分水器連接情形。

相片十六　台糖公司利用 PE 細管滴嘴灌溉蝴蝶蘭情形。

參考文獻

1.王鼎盛、黃裕益　1986　日本養液栽培現況　中國農業工程學報 32(4)：154-161。

2.沈再發　1988　荷蘭及美國養液栽培之概況　中國園藝 34（1）：13-26。

3.溫理仁　1972　PE 滴水灌溉系統及其應用　JCRR, Taipei.

4.黃東瑞、張雅雄、楊柏椿、方永泰　1982　台灣粗質地蔗園地表下滴水灌溉之研究　台灣糖業研究所研究彙報 96：13-32。

5.Gibson, W. 1975. General status of drip irrigation. Hawaiian Sugar Technol. 1974 Rept. 33th 32-34.

6.Goldberg, D., and M. Shmueli. 1969. Trickle irrigation-A method for increased agricultural production under conditions of saline water and adverse soils. International Arid Lands Conference, Tucson Ariz. USA. 1969.

7.Goldberg, D., and M. Shmueli. 1970. Drip irrigation-A method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. Transactions of the ASAE 13 (1): 38-41.

8.Huang, T. J., P. C. Yang, Y. H. Chang, and Y. T. Fang. 1984. Subsurface drip irrigation of sugarcane on sandy soil. International Commission on irrigation and drainage 12th Congress Q.39 R.41 :653-668.

9.Howell, T. A., and E. A. Hiler. 1974. Trickle irrigation lateral design. Transactions of the ASAE 17: 902-908.

10.Shoji, K., and J. Sakuma. 1981. Update of drip irrigation at HC & S Company. Hawaiian Sugar Technol. 39th: 107-110.

11.Wu, I. P. 1975. Drip-irrigation system design for sugarcane fields. Hawaiian Planters' Record Vol. 59, No.1.